

## PIEZOELECTRIC VIBRATOR

**Publication number:** JP11355094

**Publication date:** 1999-12-24

**Inventor:** SASAKI YUKINORI; SHIMAMURA TETSUO

**Applicant:** MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

**Classification:**

- **international:** H03H9/19; H03H9/05; H03H9/17; H03H9/00; H03H9/05;  
(IPC1-7): H03H9/19

- **European:** H03H9/17D; H03H9/02B8J; H03H9/05D

**Application number:** JP19980160130 19980609

**Priority number(s):** JP19980160130 19980609

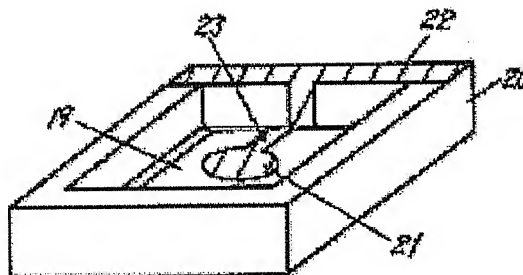
**Also published as:**

US6191524 (B1)  
CN1238245 (A)  
CN1162965C (C)

[Report a data error here](#)

### Abstract of JP11355094

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a vibrator improved in mechanical strength, facilitated in stable mounting and reduced in fluctuation of characteristics as well by integrating a vibrator reducing the thickness at a vibrator terminal part rather than the thickness at a vibrator central part while having a bevel-shaped or convex-shaped cross section with a supporting part. **SOLUTION:** This vibrator is composed of a bevel-shaped vibrator 19, supporting part 20 integrated with the vibrator 19, circular electrodes 21 for excitation provided on the front and rear sides of the vibrator 19 while facing each other, an electrode 22 for connection with the outside and an electrode 23 for an external lead. Since the electrode 21 for excitation is partially formed at a vibrator section, vibration energy is enclosed under the electrode 21 for excitation and vibration displacement is maximized at the central part of the vibrator section and attenuated gradually toward the terminal part. Further, since the terminal part of the vibrator section is bevel-shaped, the attenuation amount of vibration displacement at the terminal part of the vibrator section is increased. Further, the terminal part of the vibrator section is integrated with the supporting part 20 and variations in machining accuracy such as chipping or surface roughness at the terminal part of the vibrator section is reduced.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-355094

(43) 公開日 平成11年(1999)12月24日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 3 H 9/19

識別記号

F I

H 0 3 H 9/19

E

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-160130

(22) 出願日 平成10年(1998)6月9日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 佐々木 幸紀

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 島村 徹郎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

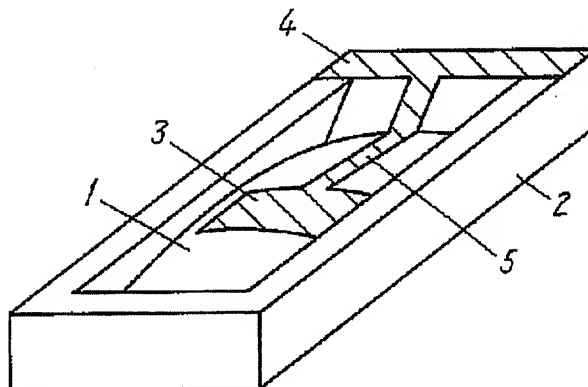
(74) 代理人 弁理士 滝本 智之 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 圧電振動子

(57) 【要約】

【課題】 厚みモードを主振動とし、断面形状がベベル形状やコンベックス形状などの圧電振動子において、機械的強度に優れ安定した実装が容易となり、かつ特性のばらつきも小さい振動子を提供することを目的とする。

【解決手段】 振動子1と支持部2とが同一材料からなり、振動子部分端部が振動子周辺の支持部と一体化されており、振動子1の断面形状は振動子中央部の厚さよりも振動子端部の厚さの方が小さい形状であるので振動子を小型化したまま、振動子端部での欠け、割れなどがなく機械的強度に優れ実装も容易となり、かつ振動子端部が露呈しておらず振動子端部でのチッピングや面粗さといった加工精度のばらつきが小さいため特性のばらつきも小さいという効果がある。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 振動子部分と支持部分とが同一の材料からなり、振動子部分端部が振動子周辺の支持部と一体化されており、振動子部分の断面形状はベベル形状やコンベックス形状であることを特徴とする圧電振動子。

【請求項2】 厚みすべり振動を主振動とし、振動子部分と励振用電極が矩形的振動子で、振動子部分の幅 $W$ と励振用電極の幅 $W_e$ との比 $W_e/W$ を $1/5$ 以上 $1$ 以下とすることを特徴とする請求項1記載の圧電振動子。

【請求項3】 厚み縦振動を主振動とし、励振用電極が円形の振動子で、振動子部分の最小外形寸法 $\phi$ と励振用電極の直径 $\phi_e$ との比 $\phi_e/\phi$ を $1/5$ 以上 $1$ 以下とすることを特徴とする請求項1記載の圧電振動子。

【請求項4】 励振用電極を外部に引き出す部分である、振動子部分と支持部との境界部断面形状は斜面もしくは曲面であることを特徴とする請求項1記載の圧電振動子。

【請求項5】 振動子部分の断面形状がベベル形状やコンベックス形状であることに代えて、振動子部分の断面形状が階段形状でコンベックス形状を近似した形状であることを特徴とする請求項1記載の圧電振動子。

【請求項6】 振動子部分の断面形状が階段形状であり、その階段の断面形状は斜面もしくは曲面であることを特徴とする請求項5記載の圧電振動子。

【請求項7】 振動子部分の断面形状が階段形状であり、その階段の段差が振動子端部から振動子中央部に向かって2段以上10段以下であることを特徴とする請求項5記載の圧電振動子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はベベル形状やコンベックス形状のように加工された厚みモードを主振動とする圧電振動子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、圧電振動子は各種電子機器などのクロック源として用いられているが、形状が小型のもの、特に面実装タイプの圧電振動子において短冊形をしたものが多く用いられている。クロック源などに用いられる振動子には、発振子として、ある温度で主振動（厚みすべり振動や厚み縦振動などの厚みモードであることが多い）と不要振動（スプリアスとも言う）とが結合し急激に発振周波数が変化しないように、安定した温度特性や高い機械的品質係数 $Q$ などが要求される。

【0003】例えば、ATカットの水晶板やタンタル酸リチウムのX板などを用いた厚みすべり振動を主振動とする圧電振動子や、ニオブ酸リチウムのZ板などを用いた厚み縦振動を主振動とする圧電振動子などでは、振動子主面に部分的に励振用電極を形成することでスプリアスを抑制できる。これは、ある特定の圧電材料である特定の振動モードを主振動として用いる場合、振動子主面

に部分的に励振用電極を形成すると振動エネルギーが励振用電極下のみに閉じ込められることを利用したものであり、このような振動子はエネルギー閉じ込め型振動子と呼ばれる。

【0004】以下このことを、圧電振動子の断面図である図3を用いて説明する。図3に示すように、励振用電極6のある部分における遮断周波数を $f_0$ とし、無電極部における遮断周波数を $f_0'$ とすると、 $f_0'$ よりも大きい周波数では振動エネルギーは自由に伝播し励振用電極下においても定在波を作らない。しかし、 $f_0$ よりも大きく $f_0'$ よりも小さな周波数では、励振用電極6のある部分では振動エネルギーは自由に伝播するが無電極部では指数関数的に減衰するので、振動変位も振動子端部に向かうほど小さくなる。無電極部における振動エネルギーの減衰量が充分でないと、すなわち振動子端部における振動変位の大きさが充分小さくないと、振動子端部での反射波によりスプリアスが発生し特性を悪化させる。

【0005】よって、そのようなスプリアスを抑制し、高い機械的品質係数 $Q$ を得るためにはある値以上の寸法の無電極部を設けねばならず、低い共振インピーダンスを確保するためなどの幾つかの条件により励振用電極寸法が決められてしまうことを考慮すれば、自ずとある値以上の振動子長さが必要となる。例えば、タンタル酸リチウムのX板を用いた厚みすべり振動子では、振動子長手方向長さ $L$ と振動子厚さ $H$ との比 $L/H$ を $1.4$ 以上としている（特開昭58-190115号公報参照）。

【0006】その他、振動子端部での振動変位の減衰の度合いを大きくするための手段として、振動子端部をベベル形状やコンベックス形状に加工することもよく知られている。しかし、振動子端部がベベル形状やコンベックス形状になることで、振動子端部の厚さが小さくなり振動子端部の欠け、割れなど機械的強度に問題が生じる上、従来より行われている圧電振動子を導電性接着剤などで実装基板に実装する方法では、導電性接着剤などの塗布状態のばらつきにより共振周波数や共振インピーダンスなどの電気的特性がばらつくといったことも加わり、特に小型の圧電振動子になるほど実装基板上への安定した実装が非常に困難となる。

【0007】そこで、これらの問題を解決する手段として、振動子部分と支持部とを一体構造とした圧電振動子が提案されている。例えば、ATカット水晶板を用いた厚みすべり振動子において、主振動の伝播方向である振動子長手方向の直角方向、すなわち振動子幅方向の端部に、サンドブラスト工法を用いてスリットを設け、長手方向端部のみ支持部と一体化させている（特開平5-259799号公報参照）。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】振動エネルギーの閉じ込めを充分にし、振動子部分端部における振動変位を充

分小さくしようとすると無電極部の長さを大きくせねばならないため、振動子端部での振動変位の減衰量を充分確保したまま振動子を小型化することには限界があった。

【0009】また、振動子断面をベベル形状やコンベックス形状に加工することで振動子端部での振動変位の減衰量は、振動子断面が矩形である時よりも大きくなるので振動子の大きさは小さくできるが、振動子端部での厚みが小さいため振動子端部の欠け、割れなど機械的強度に劣り、安定した実装が困難であった。

【0010】さらに、厚みすべり振動を主振動とする振動子において、振動子部分と支持部とを振動子長手方向端部で一体化させ振動子幅方向端部にスリットを設ける方法では、振動子幅方向端部でのチップングの有無や面粗さなどの加工精度により特性が大きくばらついてしまうといった問題があった。

【0011】そこで本発明では、振動子断面形状がベベル形状やコンベックス形状など、振動子中央部の厚さよりも振動子端部での厚さが小さいような振動子と支持部とが一体化されているため、振動子端部での欠け、割れなどが無く、機械的強度に優れ安定した実装が容易となり、またスリットなど振動子部分端部が露呈している部分が無いため、振動子部分端部での加工精度による特性のばらつきも小さな振動子を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】この課題を解決するために本発明は、振動子部分と支持部分とが同一の材料からなり、振動子部分端部が振動子周辺の支持部と一体化されており、振動子部分の断面形状はベベル形状やコンベックス形状であることを特徴とする圧電振動子である。上記構造をとることで、振動子を小型化したままで、振動子中央部よりも厚さの小さい振動子部分端部での欠け、割れなどがなく機械的強度に優れ安定した実装が容易となり、また振動子部分端部での加工精度による特性のばらつきも小さくなるという効果を有することになる。

【0013】好ましくは、前記振動子は厚みすべり振動を主振動とし、振動子部分と励振用電極が矩形的振動子で、振動子部分の幅 $W$ と励振用電極の幅 $W_e$ との比 $W_e/W$ を $1/5$ 以上 $1$ 以下とする。振動子部分幅方向端部での振動変位の減衰量をより大きくでき、かつ低い共振インピーダンスを確保できる効果がある。

【0014】好ましくは、前記振動子は厚み縦振動を主振動とし、励振用電極が円形の振動子で、振動子部分の最小外形寸法 $\phi$ と励振用電極の直径 $\phi_e$ との比 $\phi_e/\phi$ を $1/5$ 以上 $1$ 以下とする。振動子部分端部での振動変位の減衰量をより大きくでき、かつ低い共振インピーダンスを確保できる効果がある。

【0015】好ましくは、前記振動子は励振用電極を外

部に引き出す部分である、振動子部分と支持部との境界部断面形状は斜面もしくは曲面とする。振動子部分と支持部との境界部での外部引き出し用電極の断線を抑制する効果がある。

【0016】好ましくは、前記振動子は振動子部分の断面形状がベベル形状やコンベックス形状であることに代えて、振動子部分の断面形状が階段形状でコンベックス形状を近似した形状とする。

【0017】好ましくは、前記振動子は振動子部分の断面形状が階段形状であり、その階段の断面形状は斜面もしくは曲面とする。階段の段差部分での励振用電極の断線を抑制する効果がある。

【0018】好ましくは、前記振動子は振動子部分の断面形状が階段形状であり、その階段の段差が振動子端部から振動子中央部に向かって2段以上10段以下とする。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1に記載の発明は、振動子部分と支持部分とが同一の材料からなり、振動子部分端部が振動子周辺の支持部と一体化されており、振動子部分の断面形状はベベル形状やコンベックス形状であることを特徴とする圧電振動子であり、振動子を小型化したまま、振動子部分端部での欠け、割れなどがなく機械的強度に優れ安定した実装が容易となり、また振動子部分端部での加工精度による特性のばらつきも小さくなるという作用を有する。

【0020】請求項2に記載の発明は、厚みすべり振動を主振動とし、振動子部分と励振用電極が矩形的振動子で、振動子部分の幅 $W$ と励振用電極の幅 $W_e$ との比 $W_e/W$ を $1/5$ 以上 $1$ 以下とすることを特徴とする請求項1記載の圧電振動子であり、請求項1と同等の作用を有する。

【0021】請求項3に記載の発明は、厚み縦振動を主振動とし、励振用電極が円形の振動子で、振動子部分の最小外形寸法 $\phi$ と励振用電極の直径 $\phi_e$ との比 $\phi_e/\phi$ を $1/5$ 以上 $1$ 以下とすることを特徴とする請求項1記載の圧電振動子であり、請求項1と同等の作用を有する。

【0022】請求項4に記載の発明は、励振用電極を外部に引き出す部分である、振動子部分と支持部との境界部断面形状は斜面もしくは曲面であることを特徴とする請求項1記載の圧電振動子であり、振動子部分と支持部との境界部での外部引き出し用電極の断線を抑制する作用を有する。

【0023】請求項5に記載の発明は、振動子部分の断面形状がベベル形状やコンベックス形状であることに代えて、振動子部分の断面形状が階段形状でコンベックス形状を近似した形状であることを特徴とする請求項1記載の圧電振動子であり、請求項1と同等の作用を有する。

【0024】請求項6に記載の発明は、振動子部分の断面形状が階段形状であり、その階段の断面形状は斜面もしくは曲面であることを特徴とする請求項5記載の圧電振動子であり、階段の段差部分での励振用電極の断線を抑制する作用を有する。

【0025】請求項7に記載の発明は、振動子部分の断面形状が階段形状であり、その階段の段差が振動子端部から振動子中央部に向かって2段以上10段以下であることを特徴とする請求項5記載の圧電振動子であり、請求項1と同等の作用を有する。

【0026】以下、本発明の一実施の形態について図面図1と図4～図9を用いて説明する。図1において、1は圧電振動子、2はこの振動子1と一体化されている支持部、3は振動子1の表面と裏面に相対向して設けられた励振用電極、4は外部との接続用電極、5は外部引き出し用電極である。

【0027】例としてタンタル酸リチウム単結晶X板を用いた厚みすべり振動を主振動とする振動子を考える。今、振動子の共振周波数が20MHzの場合を考えると振動子厚さHは約100 $\mu$ mとなる。従来設計例ではL/Hを14以上としているから仮にL/Hを14に等しくすると、Hが約100 $\mu$ mの場合振動子長手方向長さLは約1.4mmとなる。この時の振動変位の減衰の度合いを計算するわけであるが、エネルギー閉じ込めによる振動変位の減衰の程度は励振用電極寸法のほか、励振用電極の質量にも依存しており、励振用電極の質量が大きいほど振動変位の減衰も大きくなるが、励振用電極の質量が大きくなりすぎると厚みすべり振動を阻害するロス成分となり振動子のインピーダンスを大きくする要因の一つとなるため、励振用電極は一般的に銀、金などを振動子主面にそれぞれ数百～数千オングストローム程度付けることが多い。そこでここでは仮に、励振用電極材料には金を用い振動子長手方向中心に長さ0.6mm、厚さ5000オングストロームの励振用電極を主面である振動子X面の表裏それぞれに形成するとする。

【0028】振動子長手方向が矩形の時の振動変位の減衰の度合いを計算した結果を図4に示す。図4において、X方向は振動子主面に対して垂直方向であり、Y'方向は厚みすべり振動の伝播方向である振動子長手方向であり、タンタル酸リチウムの結晶Y軸からX軸に関して時計まわりに約50°の方向である。図4のグラフは、横軸を振動子9の中央部からの長手方向距離を単位mmで表わし、縦軸を振動子9の中央部での振動変位を1とした時の相対変位を対数目盛りで表示したものであり、以下このようなグラフを振動子長手方向の相対変位分布と呼ぶことにする。エネルギー閉じ込め型の振動子では、図4のように振動子中央で振動変位は最大となり、長手方向端部に向かうにつれ振動変位は小さくなり、長手方向端部すなわち横軸0.7mmにおける相対変位の大きさは約6/100である。

【0029】このように、振動子中央部での変位に対して長手方向端部での振動変位が充分に小さいため、長手方向端部での反射波などによる影響が小さくスプリアスを抑制することができる。

【0030】次に、振動子長手方向断面が矩形ではなくコンベックス形状である時の振動子長手方向の相対変位分布を計算する。ただし、コンベックス形状の振動子中央部の厚さを振動子長手方向断面が矩形の時と同じ値の100 $\mu$ mとし、長手方向端部に向かうにつれ100 $\mu$ mから徐々に振動子厚さが小さくなるようにすると、振動子の共振周波数は振動子長手方向断面が矩形で振動子厚さが100 $\mu$ mの時の共振周波数に比べ若干高くなるので、長手方向断面が矩形の時と共振周波数がほぼ一致するように、コンベックス形状の振動子中央部の厚さを100 $\mu$ mよりも若干厚くして計算することにする。

【0031】図5は、振動子長手方向断面が矩形ではなくコンベックス形状である時の振動子11の長手方向の相対変位分布を計算した結果である。図5のX方向、Y'方向は図4のそれとそれぞれ等しい。振動子長手方向断面が矩形の時と同様に、長手方向端部に向かうにつれ振動変位は小さくなるが、長手方向端部すなわち横軸0.7mmにおける相対変位の大きさは、長手方向断面が矩形の時に比べて小さく約1/100である。このことは、振動子長手方向断面をコンベックス形状にすることでエネルギー閉じ込めの効果が上がったことを示している。

【0032】振動子中央部付近だけを見れば、そこでの振動子厚さはほぼ同じであるから、長手方向断面が矩形であってもコンベックス形状であっても、振動子中央部での振動変位の絶対値はほぼ等しいと考えられるため、長手方向断面が矩形であってもコンベックス形状であっても長手方向端部での相対変位が同じ値であれば、長手方向端部での反射波などの影響によるスプリアスの抑制効果は同程度であるか、長手方向端部において導電性接着剤などで実装基板に実装するのではなく同一材料の支持部と一体化されており振動子部分での反射波は非常に小さいため、むしろスプリアス抑制効果は大きいと言える。

【0033】よって、長手方向断面がコンベックス形状の時の長手方向端部での相対変位が、長手方向断面が矩形の時の値約6/100に等しい時の振動子中央部からの長手方向距離は図5から読み取ると約0.41mmであるので、振動子長手方向に関する対称性を考慮すれば振動子長手方向長さは約0.82mmでよいことになる。支持部の振動子長手方向の長さを振動子部分長手方向両端でそれぞれ0.2mmとしても、振動子部分と支持部とを合計した長さは1.22mmであり従来設計例の1.4mmよりも小さい。さらに、振動子中央部よりも厚さの小さくなっている振動子端部は支持部と一体化されていることで欠け、割れなどが無くなり機械的強度

も向上する上、振動子の取り扱いも容易となることで実装も容易となる。

【0034】次に、振動子幅方向であるが、幅すべり振動や厚みねじれ振動などの振動子幅寸法に起因するスプリアスを回避するために、振動子を細い棒状のストリップ形状にしたり、振動子厚さ $H$ と振動子幅方向長さ $W$ との比 $W/H$ を選択しなければならない。しかし、特に共振周波数が高くなり振動子の厚さが小さい場合など、振動子幅方向端部を加工精度良く仕上げることは困難である。

【0035】例として、先に述べたタンタル酸リチウム単結晶 $X$ 板を用いた厚みすべり振動を主振動とする振動子を考える。振動子厚さや励振用電極の設計値はすでに述べた値、すなわち振動子厚さは $100\mu\text{m}$ 、励振用電極は金を表裏それぞれに $5000$ オングストローム形成するとし、振動子幅方向長さを $0.4\text{mm}$ で励振用電極は振動子幅方向全面にわたって形成するとする。

【0036】振動子幅方向断面が矩形のときの振動子幅方向の相対変位分布を図6に示す。図6において、 $Z'$ 方向は主振動である厚みすべり振動の伝播方向に対して主面内で直角の方向であり、図4の $Y'$ 方向から $X$ 軸に関して $90^\circ$ の方向である。図6からわかるように、振動子13の幅方向断面が矩形の時、振動子幅方向端部での振動変位の減衰はほとんどないため、幅方向端部におけるチップングや面粗さなどの加工精度が悪いとスプリアスの原因となる上、チップングなどは常に安定して同じ場所に発生するケースは少ないため、この場合スプリアスを安定して回避することは非常に困難である。

【0037】一方、振動子幅方向断面形状がコンベックス形状の時の振動子幅方向の相対変位分布を図7に示す。図7の $X$ 方向、 $Z'$ 方向は図6のそれとそれぞれ等しい。振動子15の幅方向端部における相対変位の大きさは約 $5/10$ であり、振動子中央部における振動変位に対して減衰しており、このことは振動子幅方向端部のチップングや面粗さなどの加工精度の影響によるスプリアスが発生しにくいことを示している。

【0038】すなわち、このことは振動子端部での加工精度が振動子の特性に影響を与えにくく、特性のばらつきが小さいことを示している。さらに、振動子長手方向をコンベックス形状にした時と同様、振動変位が減衰している幅方向端部において支持部と一体化されていることで、振動子中央部よりも厚さが小さくても振動子幅方向端部での欠け、割れなどが無く機械的強度に優れている。

【0039】また、幅方向に関しても幅方向全面にわたってではなく部分的に励振用電極を設けることで、振動エネルギーがより振動子中央部付近に閉じ込められ振動子幅方向端部における振動変位の減衰量は大きくなる。しかし、励振用電極の幅方向長さ $W_e$ が小さすぎると、振動子幅方向の主振動電荷分布に対して効率よく電荷を

集めることが出来ず、共振インピーダンスが大きくなり機械的品質係数 $Q$ を小さくしてしまう。

【0040】図8は振動子の幅方向長さ $W$ を一定とした時に励振用電極の幅 $W_e$ を変化させた時のインピーダンスの周波数特性であり、振動子幅方向長さ $W$ と励振用電極幅 $W_e$ との比 $W_e/W$ が $1$ 、 $3/5$ 、 $1/5$ 、 $1/10$ の場合について示している。図8より $W_e/W$ が $1/5$ よりも小さい場合、共振インピーダンスが大きく共振先鋭度も悪いことがわかる。さらに詳細に $W_e/W$ を変化させ最適な振動子幅方向長さ $W$ と励振用電極幅 $W_e$ との比 $W_e/W$ を求めた結果、 $W_e/W$ が $1/5$ 以上 $1$ 以下の時に安定して共振インピーダンス $100\Omega$ 以下の特性が得られた。

【0041】上で述べたことは、厚み縦振動を主振動とする振動子の最小外形寸法 $\phi$ と円形の励振用電極の直径 $\phi_e$ との比 $\phi_e/\phi$ にも同様のことが言え、実験的に振動子の最小外形寸法 $\phi$ と円形の励振用電極の直径 $\phi_e$ との比 $\phi_e/\phi$ が $1/5$ 以上 $1$ 以下の時に安定して共振インピーダンス $100\Omega$ 以下の特性が得られた。

【0042】このように、振動子部分と支持部分とが同一の材料からなり、振動子部分端部が振動子周辺の支持部と一体化されており、振動子部分の断面形状はベベル形状やコンベックス形状とすることで、振動子部分端部での欠け、割れなどが無く機械的強度に優れ、振動子の取り扱いなど実装も容易となり、さらに特性のばらつきも小さい振動子が得られる。なお、励振用電極を外部に引き出す部分である、振動子部分と支持部との境界部断面が垂直形状であるよりも斜面もしくは曲面であると、境界部での外部引き出し用電極の断線が起こりにくいという効果がある。

【0043】以上述べた実施の形態では、振動子中央付近の断面形状がベベル形状やコンベックス形状など振動子中央部の厚さから振動子端部に向かって連続的に厚さが小さくなるような場合についてであったが、振動子断面形状を階段形状でコンベックス形状に近似することで同様の効果が得られる。

【0044】すなわち、図9に示すように、(a)のような振動子断面形状がコンベックス形状であるような振動子は(b)のように振動子断面形状を階段形状にすることで近似的に置き換えることができ、さらに(c)のように階段の断面形状が斜面であればより近似度合いは増す上、階段の段差部分での励振用電極の断線を起こしにくくなる。図9の(b)や(c)のような階段形状は振動子部分を保護するレジスト寸法を段階的に変えてエッチングなどの化学的加工やサンドブラストなどの機械的加工を用いれば製造することが出来る。階段の段差を増やすほど図9の(a)のような振動子厚さが振動子中央部から振動子端部に向かって連続的に変化している場合に対する近似度合いは増すわけであるが、段差をむやみに増やすことは先に述べたエッチングやサンドブラス



トなどの回数が多くなり、製造プロセスが長くなるため製造コストが高くなってしまふ。すなわち、階段の段差が振動子端部から振動子中央部に向かって10段よりも大きな振動子は、製造プロセスを考えれば経済的ではない。

【0045】

【実施例】以下、本発明の具体的な実施例について、図10～図13を用いて説明する。

【0046】（実施例1）図10は、ニオブ酸リチウムのZ板を用いた厚み縦振動を主振動とする圧電振動子であり、19はベベル形状に加工された振動子、20はこの振動子19と一体化されている支持部、21は振動子19の表面と裏面に相対向して設けられた円形の励振用電極、22は外部との接続用電極、23は外部引き出し用電極である。励振用電極21は振動子部分に部分的に形成されているので、振動エネルギーが励振用電極下に閉じ込められ振動変位は振動子部分中央部で最大で振動子部分端部に向かうほど減衰する。さらに振動子部分端部はベベル形状であるので、振動子部分端部での振動変位の減衰量は大きい。その上、振動子部分端部は支持部と一体化されており、振動子部分端部でのチップングや面粗さなど加工精度のばらつきが小さい。

【0047】よって、特性のばらつきの小さい振動子が得られる。また、ベベル形状に加工されていることによって振動子部分端部は振動子部分中央部よりも厚さが小さくなっているが、支持部と一体化されているため振動子部分端部での欠け、割れなどが無く機械的強度に優れ、実装も容易となる。

【0048】（実施例2）図12は、タンタル酸リチウムのX板を用いた厚みすべり振動を主振動とする圧電振動子であり、24は4段の階段形状でコンベックス形状を近似した振動子、25はこの振動子24と一体化されている支持部、26は振動子24の表面と裏面に相対向して設けられた励振用電極、27は外部との接続用電極、28は外部引き出し用電極である。

【0049】実施例1で述べたことと同様に、励振用電極26は振動子部分に部分的に形成されているので、振動エネルギーが励振用電極下に閉じ込められ、さらに振動子24部分は階段形状でコンベックス形所を近似しているので振動変位は振動子部分中央部で最大で振動子部分端部に向かうほど減衰する。その上、振動子部分端部は支持部と一体化されており、振動子部分端部でのチップングや面粗さなど加工精度のばらつきが小さい。

【0050】よって、特性のばらつきの小さい振動子が得られる。また、階段形状でコンベックス形状を近似しているので振動子部分端部は振動子部分中央部よりも厚さが小さくなっているが、支持部と一体化されているため振動子部分端部での欠け、割れなどが無く機械的強度に優れ、実装も容易となる。

【0051】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、振動子断面形状がベベル形状やコンベックス形状など、振動子中央部の厚さよりも振動子端部での厚さが小さいような振動子と支持部とが一体化されているため、振動子端部での欠け、割れなどが無く機械的強度に優れ安定した実装が容易となり、またスリットなど振動子部分端部が露呈している部分が無いため、振動子部分端部での加工精度による特性のばらつきも小さいといった有利な効果が得られる。

【0052】なお、以上の説明では、主として圧電性単結晶を用いた振動子を例にとって説明したが、その他の圧電性材料、例えば圧電性セラミックを用いた振動子であってもよいことは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の振動子の一実施の形態を示す斜視図

【図2】同振動子の断面図

【図3】エネルギー閉じ込め型振動子を示す断面図

【図4】（a）振動子長手方向相対変位分布を表わす曲線図

（b）その長手方向断面が矩形の時の振動子断面図

【図5】（a）振動子長手方向相対変位分布を表わす曲線図

（b）その長手方向断面がプラノコンベックス形状の時の振動子断面図

【図6】（a）振動子幅方向相対変位分布を表わす曲線図

（b）その幅方向断面が矩形の時の振動子断面図

【図7】（a）振動子幅方向相対変位分布を表わす曲線図

（b）その幅方向断面がプラノコンベックス形状の時の振動子断面図

【図8】振動子の幅と励振用電極の幅との比を変化させた時のインピーダンス周波数特性図

【図9】コンベックス形状の振動子の断面図とコンベックス形状を階段形状で近似した振動子の断面図

【図10】本発明の振動子の一実施の形態を示す斜視図

【図11】同振動子の断面図

【図12】本発明の振動子の一実施の形態を示す斜視図

【図13】同振動子の断面図

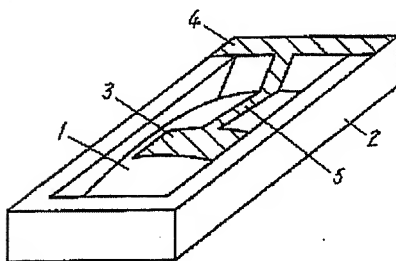
【図14】従来の振動子の分解斜視図

【符号の説明】

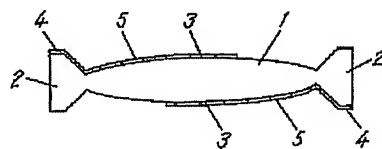
- 1 振動子
- 2 支持部
- 3 励振用電極
- 4 外部接続用電極
- 5 外部引き出し用電極
- 6 励振用電極
- 7 振動子
- 8 励振用電極
- 9 振動子（長手方向断面が矩形の時）

- |  |              |
|--|--------------|
| 10 励振用電極   | 20 支持部       |
| 11 振動子（長手方向断面がプラノコンベックス形状の時）                       | 21 励振用電極     |
| 12 励振用電極   | 22 外部接続用電極   |
| 13 振動子（幅方向断面が矩形の時）                                 | 23 外部引き出し用電極 |
| 14 励振用電極   | 24 振動子       |
| 15 振動子（幅方向断面がプラノコンベックス形状の時）                        | 25 支持部       |
| 16 断面形状がプラノコンベックス形状の振動子                            | 26 励振用電極     |
| 17 断面形状が階段形状でプラノコンベックス形状を近似したものである振動子              | 27 外部接続用電極   |
| 18 断面形状が階段形状でプラノコンベックス形状を近似したものでありかつ階段の段差が斜面である振動子 | 28 外部引き出し用電極 |
| 19 振動子   | 29 振動子       |
|  | 30 励振用電極     |
|  | 31 外部引き出し用電極 |
|  | 32 外部接続用電極   |
|  | 33 実装基板      |

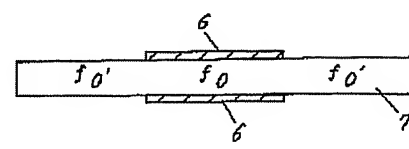
【図1】



【図2】

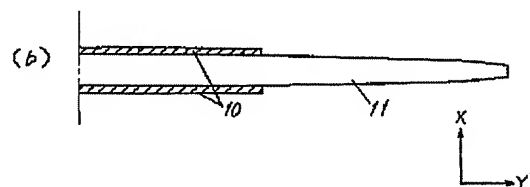
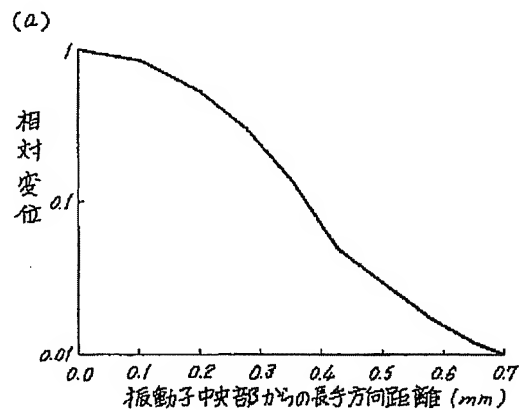
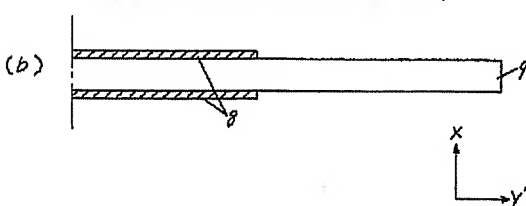
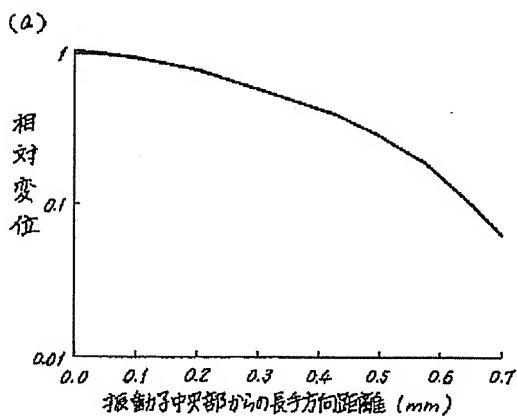


【図3】

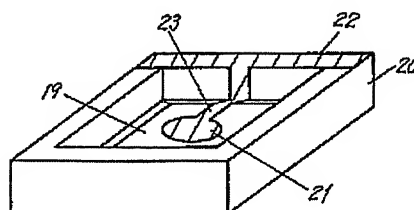


【図5】

【図4】

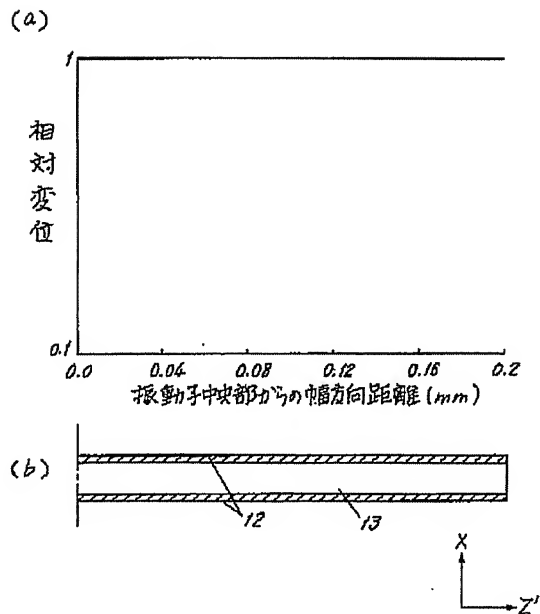


【図10】

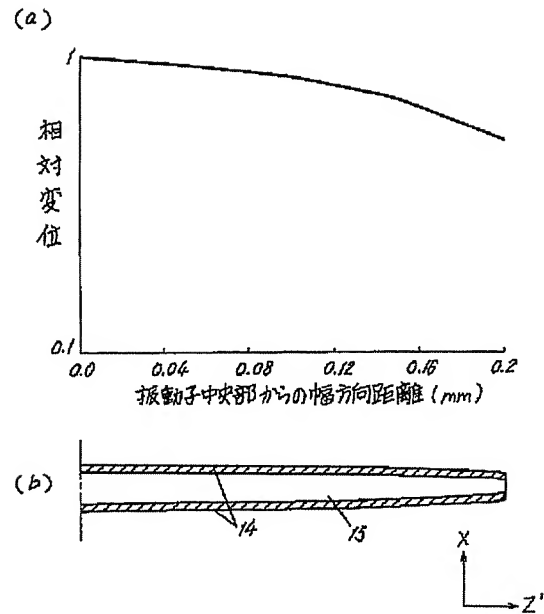




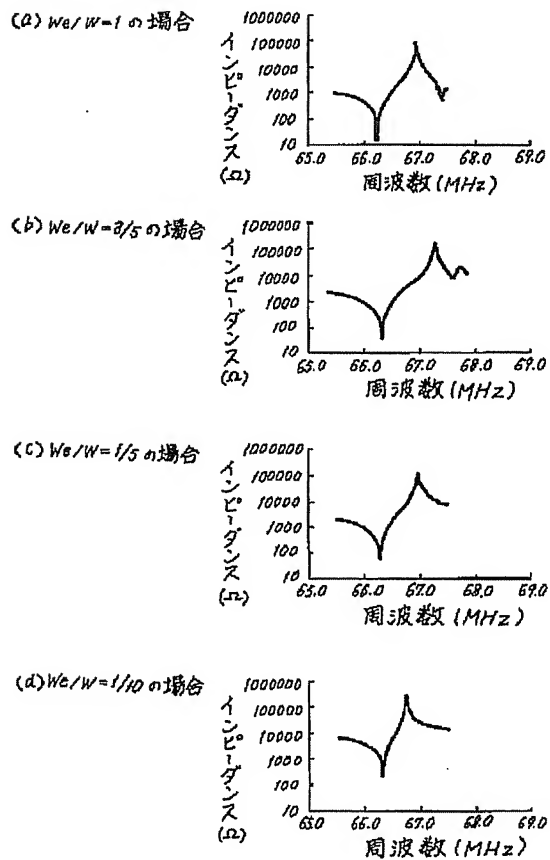
【図6】



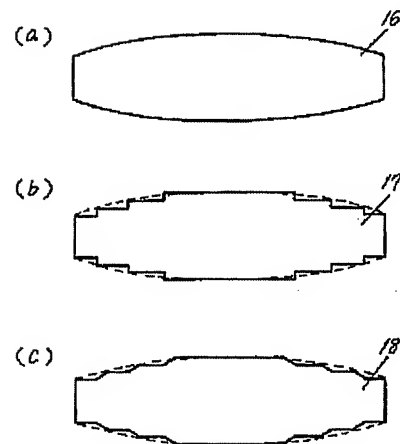
【図7】



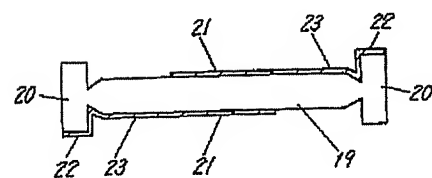
【図8】



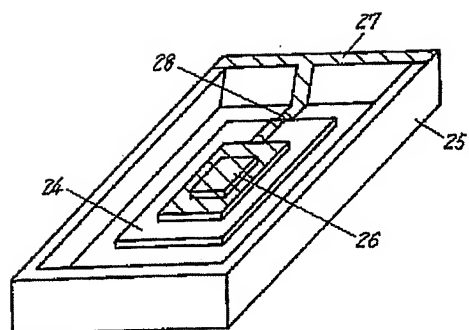
【図9】



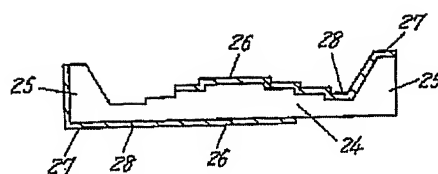
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

